

J. Agron. Indonesia 37 (2) : 107 – 114 (2009)

Pengaruh Kalium dan Varietas Jagung terhadap Eksudat Asam Organik dari Akar, Serapan N, P, dan K Tanaman dan Produksi Brangkas Jagung (*Zea mays* L.)

Effect of Potassium and Maize Varieties on Organic Acid Exudate from Roots, Plant N, P, and K Uptakes, and Plant Dry Weight of Maize (*Zea mays* L.)

Dedi Nursyamsi¹

¹Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Jakenan, Pati, Jawa Tengah, Indonesia

Diterima 26 Mei 2009/Disetujui 16 Juli 2009

ABSTRACT

Pot experiment was aimed to study effect of potassium (K) and variety on organic acid exudates from roots, plant N, P, and K uptakes, and plant dry weight. The experiment was conducted in the green house of Indonesian Soil Research Institute, Bogor using sand culture method. Factorial in Completely Randomized Block Design with three replications was used in this experiment. The first factor was K application, i.e. without K and application of 100 ppm K, and the second one was 10 varieties of maize, i.e. Antasena, Sukmaraga, CIMMIT 3330, Wisanggeni, Bisma, Lamuru, Pioneer-4, Pioneer-7, Pioneer-11, and Pioneer-21. The result showed that application of K significantly increased plant N and K uptakes. Among tested varieties, the N, P, and K uptake, as well as roots and dry weights of CIMMIT 3330 were the lowest, while those variables of Pioneer-7 were the highest. Among organic acid exudates, oxalic acid was the most dominant exudates exerted from roots, it was about 3.15 mg/g roots dry weight (DW) of Wisanggeni compared to 5.93 mg/g roots DW of CIMMIT 3330. Plant age significantly affected the exudates which was in the order of 4 weeks after planting (WAP) > 2 WAP > 6 WAP. Among tested varieties (Antasena, CIMMIT 3330, Wisanggeni, Lamuru, and Pioneer-21), CIMMIT 3330 was the most potential variety to increase availability of soil K in smectitic soils, thus increasing the efficiency of K fertilizer in the soils.

Key words: Potassium, variety, organic acid exudates, plant uptake, maize.

PENDAHULUAN

Tanah-tanah yang didominasi mineral liat smektit memiliki kadar K total tanah (K potensial) tinggi tapi ketersediaan K bagi tanaman (K aktual) sering menjadi masalah karena K difiksasi oleh mineral liat tipe 2:1, seperti dari golongan smektit (Borchardt, 1989) dan vermikulit (Douglas, 1989) yang dominan di tanah tersebut. Misalnya tanah-tanah Vertisol di India mempunyai kapasitas fiksasi K (*K-fixing capacity*) dan daya sangga terhadap K (*Potential Buffering Capacity on K* = PBC^K) yang sangat tinggi (Ghousikar dan Kendre, 1987). Oleh karena itu perlu dilakukan berbagai upaya untuk mengatasi fiksasi K tanah sehingga ketersediaannya meningkat bagi tanaman.

Salah satu upaya untuk meningkatkan ketersediaan K di tanah-tanah yang didominasi mineral liat smektit adalah dengan mengembangkan tanaman yang bisa menghasilkan eksudat asam organik. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa asam organik mempunyai peranan yang sangat penting dalam meningkatkan ketersediaan K tanah. Asam oksalat dan sitrat dapat melepaskan K tidak dapat dipertukarkan (K_{idd}) menjadi K dapat dipertukarkan (K_{dd}) dan K larut (K_{l}) pada

tanah-tanah yang berbahan induk batu kapur, dimana asam oksalat mempunyai efektivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan asam sitrat (Zhu dan Luo, 1993). Demikian pula Song dan Huang (1988) melaporkan bahwa K_{idd} dari posisi dalam (*inner position*) mineral yang mengandung K (biotit, muskovit, mikroklin, dan ortoklas) dapat dilepaskan oleh asam oksalat dan sitrat. Penelitian Sparks (1987) dengan menggunakan tanah-tanah dari *Middle Atlantic Costal Region*, USA yang bertekstur kasar dan mempunyai K total tinggi menunjukkan bahwa pemberian asam oksalat 0.01 M dapat mengeluarkan K dari struktur mineral feldspar selama inkubasi 30 hari.

Asam oksalat, sitrat, malonat, fumarat, malat, suksinat, benzoat, tartarat dan lain-lain merupakan komponen penting dari eksudat akar tanaman yang dikeluarkan di sekitar *rhizosphere*. Akar tanaman jagung yang dipelihara dalam larutan hara (*solution culture*) steril dapat mengeluarkan asam oksalat sekitar 3100, fumarat 4710, dan sitrat 530 $\mu\text{g/g}$ (Bolton *et al.*, 1993). Penelitian Syarif (2005) pada tanaman padi menunjukkan bahwa akar padi genotipe Gaduh Ani-2 dapat mengeluarkan eksudat asam oksalat 1.283, asam sitrat 0.533, asam format 0.608, dan asam suksinat

¹ E-mail: ddnursyamsi@yahoo.com, Telp. 0295-385215. Jl. Raya Jakenan-Jaken Km. 05, Kotak Pos 05 Jakenan, Pati, Jawa Tengah.

0.273 μmol /tanaman/hari. Akar tanaman kedelai juga dapat mengeluarkan eksudat akar asam oksalat sekitar 116-2278 nmol/g/hari. Selain itu asam-asam organik, terutama asam oksalat, malonat, dan fumarat juga banyak terdapat di dalam akar tanaman seperti padi, jagung, dan kedelai masing-masing sekitar 2000-12000, 3000-14000, dan 2000-11000 nmol/g (Nursyamsi *et al.*, 2002).

Pada tanaman jagung, terdapat korelasi yang erat antara level K dalam medium larutan hara dengan komposisi dan konsentrasi asam organik dalam eksudat akar. Pemberian K yang rendah nyata meningkatkan jumlah eksudat akar jagung, baik gula, asam organik, maupun asam amino. Level K tidak berpengaruh terhadap kadar gula dan asam amino dalam eksudat tetapi berpengaruh terhadap kadar asam organik. Pada pemberian K tinggi, asam malat dominan, sebaliknya pada K rendah, ternyata asam oksalat dominan (Krafczyk *et al.*, 1984).

Eksudasi asam organik dari akar tanaman di rizosfer merupakan salah satu mekanisme ketoleranan tanaman terhadap kekurangan hara. Dengan demikian pengelolaan hara K untuk meningkatkan produksi tanaman perlu memperhatikan aspek tanaman yang dapat menghasilkan eksudat asam organik tersebut. Laju dan jumlah ekskresi asam organik dari akar tanaman tergantung spesies, varietas, dan fase pertumbuhan tanaman. Selain itu kondisi lingkungan tanah yang tidak *favourable* untuk pertumbuhan tanaman, misalnya kekahatan hara dapat menstimulir pembentukan eksudat

asam organik (Marschner, 1997). Akar tanaman jagung dapat mengeluarkan eksudat asam organik (terutama asam oksalat) tinggi (Bolton *et al.*, 1993) sehingga perlu dipertimbangkan untuk dikembangkan di tanah-tanah yang didominasi mineral liat smektit.

Bertitik tolak dari pemikiran di atas, penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh pemberian K dan penggunaan varietas terhadap eksudat asam organik dari akar jagung pada pengamatan berbagai umur tanaman. Selain itu penelitian ini juga mempelajari pengaruh perlakuan tersebut terhadap serapan hara N, P, dan K, serta produksi brangkas kering tanaman jagung.

BAHAN DAN METODE

Percobaan pot dilaksanakan di rumah kaca Balai Penelitian Tanah Bogor dengan menggunakan pasir sebagai media tumbuh tanaman (*sand culture*). Percobaan menggunakan rancangan faktorial dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK). Faktor pertama adalah takaran K, yaitu: tanpa K atau hara lengkap minus K (K0) dan penambahan K atau hara lengkap (K1). Faktor kedua adalah sepuluh varietas jagung yang mempunyai karakteristik yang berbeda. Kombinasi perlakuan dari kedua faktor tersebut disajikan pada Tabel 1. Pengamatan umur tanaman ditentukan oleh waktu panen, yaitu saat tanaman berumur 2 minggu setelah tanam (MST) (ulangan I), 4 MST (ulangan II), dan 6 MST (ulangan III).

Tabel 1. Kombinasi Perlakuan K dan Beberapa Varietas Jagung.

No.	Kode	K (ppm)	Varietas	Keterangan
1.	K0V1	Larutan lengkap (-K)	Antasena	Toleran Al
2.	K0V2	Larutan lengkap (-K)	Sukmaraga	Toleran Al
3.	K0V3	Larutan lengkap (-K)	CIMMIT 3330	Toleran Al
4.	K0V4	Larutan lengkap (-K)	Wisanggeni	Tahan kekeringan
5.	K0V5	Larutan lengkap (-K)	Bisma	Tahan kekeringan
6.	K0V6	Larutan lengkap (-K)	Lamuru	Tahan bulai
7.	K0V7	Larutan lengkap (-K)	Pioneer 4	Hibrida
8.	K0V8	Larutan lengkap (-K)	Pioneer 7	Hibrida
9.	K0V9	Larutan lengkap (-K)	Pioneer 11	Hibrida
10.	K0V10	Larutan lengkap (-K)	Pioneer 21	Hibrida
11.	K1V1	Larutan lengkap	Antasena	Toleran Al
12.	K1V2	Larutan lengkap	Sukmaraga	Toleran Al
13.	K1V3	Larutan lengkap	CIMMIT 3330	Toleran Al
14.	K1V4	Larutan lengkap	Wisanggeni	Tahan kekeringan
15.	K1V5	Larutan lengkap	Bisma	Tahan kekeringan
16.	K1V6	Larutan lengkap	Lamuru	Tahan bulai
17.	K1V7	Larutan lengkap	Pioneer 4	Hibrida
18.	K1V8	Larutan lengkap	Pioneer 7	Hibrida
19.	K1V9	Larutan lengkap	Pioneer 11	Hibrida
20.	K1V10	Larutan lengkap	Pioneer 21	Hibrida

Kultur Pasir

Pasir direndam dengan HCl 1% selama 24 jam lalu dicuci dengan air bebas ion selama 48 jam. Pasir dikeringudarkan lalu dimasukkan ke dalam pot yang telah diberi label masing-masing 1 kg (ulangan I), 2 kg (ulangan II), dan 3 kg (ulangan III). Benih masing-masing varietas jagung ditanam 4 biji/pot dan saat tanaman berumur 1 minggu setelah tanam (MST), tanaman dijarangkan menjadi 2 tanaman/pot. Kebutuhan hara tanaman berasal dari larutan hara lengkap (K1) dan hara lengkap minus K (K0). Komposisi hara tersebut mengikuti prosedur Osaki *et al.* (1997), yaitu: 15 mg N kg⁻¹ (NH₄NO₃), 10 mg P kg⁻¹ (NaH₂PO₄.2H₂O), 15 mg K kg⁻¹ (K₂SO₄:KCl-1:1), 25 mg Ca kg⁻¹ (CaCl₂.2H₂O), 10 mg Mg kg⁻¹ (MgSO₄.7H₂O), 2 mg Fe kg⁻¹ (FeSO₄.7H₂O), 0.5 mg Mn kg⁻¹ (MnSO₄.4H₂O), 0.5 mg B kg⁻¹ (H₃BO₃), 0.2 mg Zn kg⁻¹ (ZnSO₄.7H₂O), 0.01 mg Cu kg⁻¹ (CuSO₄.5H₂O), dan 0.005 mg Mo kg⁻¹ (NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O).

Pengambilan Contoh Tanaman dan Eksudat Akar

Pengambilan contoh brangkas tanaman dan eksudat akar dilakukan pada saat tanaman berumur 2, 4, dan 6 minggu setelah tanam (MST) berturut-turut untuk ulangan I, II, dan III. Seluruh bagian tanaman dicabut dengan hati-hati, dicuci dengan air bebas ion, dipisahkan menjadi dua bagian, yaitu: akar (*root*) dan brangkas tanaman atau bagian atas tanaman (*shoot*), lalu ditimbang. Contoh akar dan brangkas tanaman dikeringkan dalam oven 70 °C hingga bobot kering konstan (sekitar 48 jam), lalu ditimbang.

Eksudat asam organik yang dikeluarkan oleh akar berada di sekitar rhizosfer pada medium pasir. Pengambilan eksudat asam organik dilakukan dengan cara mengekstrak medium pasir dengan larutan 0.001 M CaCl₂. Pasir diaduk hingga homogen lalu diambil 100 g dan dimasukkan ke dalam botol kocok 500 ml yang telah diisi 100 ml larutan 0.001 CaCl₂. Selanjutnya ekstrak pasir dikocok selama 30 menit, disaring, lalu ekstraktannya ditetesi *chloroform* (untuk menghindari mikroba), dan disimpan di dalam *freezer*.

Analisis Serapan Hara

Brangkas tanaman dikeringkan, ditimbang, lalu digiling untuk analisis serapan hara tanaman. Contoh tanaman ditimbang 0.5 g, didestruksi dengan H₂SO₄, HClO₄, dan HNO₃ pekat, lalu dipanaskan hingga tercapai ekstrak yang jernih. Ekstrak contoh diencerkan menjadi 50 ml, lalu kadar N dan P dalam ekstrak diukur dengan spektrofotometer sedangkan kadar K dengan AAS.

Analisis Asam Organik

Konsentrasi asam organik dalam larutan dari ekstrak medium pasir diukur dengan menggunakan HPLC (*Waters Associates Model 440*) pada fase mobil 0.05 N H₂SO₄ dengan kecepatan alir 1 ml/menit, tekanan 60 psi, suhu 22 °C, dan absorban pada panjang gelombang 254 nm. Contoh ekstrak yang diukur meliputi varietas: Antasena, CIMMIT 3330, Wisanggeni, Lamuru dan Pioneer 21, sedangkan varietas lainnya tidak dianalisis. Larutan standar yang digunakan adalah asam oksalat, sitrat, tartarat, malat, suksinat, format, asetat dan fumarat. Jumlah eksudat asam organik tiap satuan bobot akar dihitung setelah dikoreksi dengan jumlah medium pasir yang digunakan dan kadar air dalam akar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Serapan Hara dan Produksi Tanaman

Pemberian K ke dalam media tumbuh nyata meningkatkan serapan hara N dan K sedangkan terhadap serapan P tidak berpengaruh nyata. Serapan hara P dan K varietas jagung berbeda satu sama lain, dimana perbedaan yang nyata (P>0.95) ditemukan antara varietas CIMMIT 3330 dan Pioneer-7. Varietas jagung CIMMIT 3330 menyerap hara N, P, dan K paling rendah, sedangkan Pioneer-7 menyerap ketiga hara tersebut cenderung paling tinggi di antara semua varietas yang dicoba (Tabel 2). Selanjutnya kombinasi antara varietas dan pemberian K tidak berpengaruh nyata terhadap ketiga peubah yang diamati (data tidak ditunjukkan).

Tabel 2. Pengaruh pemberian K dan varietas terhadap serapan hara N, P, dan K tanaman jagung.

Varietas	N (mg/pot)			P (mg/pot)			K (mg/pot)		
	K0	K1	Rerata	K0	K1	Rerata	K0	K1	Rerata
Antasena	339 a	454 ab	397 a	82 ab	96 a	89 ab	150 a	182 ab	166 ab
Sukmaraga	295 a	449 ab	271 a	67 b	90 a	78 ab	165 a	164 ab	164 ab
CIMMIT 3330	307 a	357 b	332 a	69 b	72 a	70 b	124 a	145 b	135 b
Wisanggeni	400 a	429 ab	414 a	99 a	82 a	91 a	153 a	148 b	151 ab
Bisma	332 a	430 ab	381 a	88 ab	79 a	84 ab	165 a	195 ab	180 a
Lamuru	352 a	373 b	362 a	82 ab	86 a	84 ab	138 a	179 ab	158 ab
Pioneer-4	399 a	357 b	378 a	79 ab	92 a	85 ab	150 a	185 ab	168 ab
Pioneer-7	339 a	513 a	426 a	92 ab	93 a	93 a	144 a	216 a	180 a
Pioneer-11	346 a	389 ab	367 a	83 ab	82 a	82 ab	138 a	154 b	146 ab
Pioneer-21	349 a	361 b	354 a	88 ab	75 a	82 ab	163 a	141 b	152 ab
Rerata	346 B	411 A	378	82 A	85 A	84	149 B	171 A	160

CV N = 14.2%, P = 12.2%, K = 15.2%. Angka pada kolom yang sama (huruf kecil) dan baris yang sama (huruf besar) bila diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada taraf 5% menurut DMRT.

Pemberian K nyata meningkatkan bobot kering akar dan brangkasan pada taraf uji 10% tapi tidak nyata pada taraf uji 5%. Pemberian 15 ppm K nyata meningkatkan serapan N (346 menjadi 411 mg/pot) dan serapan K (149 menjadi 171 mg/pot) (Tabel 3) sehingga bobot kering akar dan brangkasan juga meningkat. Bobot akar dan brangkasan kering varietas jagung berbeda satu sama lain, dimana perbedaan produksi akar kering yang nyata ditemukan antara Sukmaraga (2.06 g/pot) dan Pioneer-11 (3.25 g/pot), sedangkan varietas

lainnya berada dalam kisaran tersebut dengan perbedaan antara tidak nyata hingga nyata. Produksi brangkasan kering yang berbeda nyata ditemukan antara CIMMIT 3330 (13.05 g/pot) dan Antasena (16.47 g/pot), sedangkan varietas lainnya berada dalam kisaran tersebut dengan perbedaan antara tidak nyata hingga nyata. Sementara itu kombinasi pemberian K dan varietas tidak berpengaruh nyata terhadap kedua peubah yang diamati (data tidak ditunjukkan).

Tabel 3. Pengaruh pemberian K dan varietas terhadap bobot kering akar dan brangkasan tanaman jagung.

Varietas	Akar (g/pot)			Brangkasan (g/pot)		
	K0	K1	Rerata	K0	K1	Rerata
Antasena	2.39 a	3.03 abc	2.71 abc	14.81 a	18.13 a	16.47 a
Sukmaraga	2.00 a	2.13 c	2.06 c	13.17 a	16.82 ab	15.00 ab
CIMMIT 3330	2.43 a	2.00 c	2.21 bc	13.12 a	12.98 c	13.05 b
Wisanggeni	2.87 a	2.31 bc	2.59 abc	14.77 a	14.92 abc	14.85 ab
Bisma	2.39 a	2.57 abc	2.48 abc	14.79 a	16.29 abc	15.54 a
Lamuru	2.47 a	2.41 bc	2.44 abc	13.77 a	15.42 abc	14.60 ab
Pioneer 4	2.59 a	2.59 abc	2.59 abc	14.67 a	13.85 bc	14.26 ab
Pioneer 7	2.47 a	2.56 abc	2.51 abc	15.14 a	17.66 a	16.40 a
Pioneer 11	2.86 a	3.64 a	3.25 a	15.02 a	15.96 abc	15.49 a
Pioneer 21	2.57 a	3.37 ab	2.97 ab	14.08 a	15.20 abc	14.64 ab
Rerata	2.50 A	2.66 A	2.58	14.34 A	15.72 A	15.03

CV akar = 15.1% dan brangkasan = 11.7%. Angka pada kolom yang sama (huruf kecil) dan baris yang sama (huruf besar) bila diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada taraf 5% menurut DMRT.

Varietas tanaman jagung yang dicoba mempunyai karakteristik yang berlainan satu sama lain. Antasena, Sukmaraga, dan CIMMIT 3330 toleran terhadap keracunan Al, Wisanggeni dan Bisma tahan kekeringan, sedangkan Lamuru tahan penyakit bulai (Balai Penelitian Serealia, 2004). Sementara itu Pioner-4, 7, 11, dan 21 merupakan varietas jagung hibrida yang mempunyai potensi produksi tinggi. Perbedaan karakteristik tersebut menyebabkan respon tanaman

terhadap pemupukan juga berlainan sehingga serapan hara dan produksi tanaman juga berbeda.

Eksudat Asam Organik

Semua varietas tanaman jagung yang dicoba mengeluarkan eksudat asam-asam organik, yaitu asam oksalat, sitrat, tartarat, malat, format, dan asetat. Diantara asam organik tersebut ternyata asam oksalat merupakan asam organik paling dominan yang dikeluarkan oleh akar tanaman jagung. Asam oksalat

yang dikeluarkan oleh akar jagung berkisar antara 3.15-5.93 mg/g BK akar, sedangkan total asam organik berkisar antara 8.91 (Wisanggeni) hingga 14.91 mg/g BK akar (CIMMIT 3330) (Tabel 4).

Tabel 4. Pengaruh pemberian K, varietas dan umur pertumbuhan terhadap eksudat asam organik dari akar jagung.

Perlakuan	Eksudat akar (mg/g BK akar)						Total asam organik
	Oksalat	Sitrat	Tartarat	Malat	Format	Asetat	
<i>Kalium</i>							
Tanpa K	4.48 a	2.60 a	2.03 a	0.70 a	1.15 a	0.22 a	11.17 a
K 15 ppm	3.60 a	2.63 a	1.88 a	0.77 a	1.12 a	0.24 a	10.30 a
<i>Varietas</i>							
Antasena	3.77 a	2.40 a	2.08 ab	0.83 a	1.13 a	0.24 a	10.45 a
CIMMIT 3330	5.93 a	3.45 a	2.72 a	0.97 a	1.54 a	0.28 a	14.91 a
Wisanggeni	3.15 a	2.37 a	1.62 b	0.53 a	1.02 a	0.22 a	8.91 a
Lamuru	3.68 a	2.45 a	1.89 ab	0.63 a	0.97 a	0.12 a	9.74 a
Pioneer 21	3.69 a	2.40 a	1.47 b	0.70 a	0.99 a	0.27 a	9.68 a
<i>Umur tanaman</i>							
2 MST	3.08 ab	2.48 b	1.73 b	0.62 b	1.08 ab	0.14 b	9.94 b
4 MST	5.76 a	3.35 a	2.55 a	1.02 a	1.51 a	0.42 a	14.61 a
6 MST	2.56 c	2.03 b	1.58 b	0.56 b	0.81 b	0.12 b	7.65 b
CV (%)	33.6	19.8	18.9	26.1	22.5	30.1	21.9

Angka pada kolom yang sama bila diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada taraf 5% menurut DMRT.

Perlakuan tanpa K memberikan hasil eksudat asam organik lebih tinggi dibandingkan perlakuan pemberian K walaupun secara statistik tidak berbeda nyata. Demikian pula hasil eksudat asam organik tidak berbeda nyata diantara varietas jagung yang diuji kecuali asam tartarat antara Wisanggeni dan Pioneer-21 (masing-masing 1.62 dan 1.47 mg/g BK akar) keduanya berbeda nyata dengan CIMMIT 3330 (2.72 mg/g BK akar). Eksudat asam organik mula-mula meningkat seiring dengan meningkatnya umur tanaman dan mencapai maksimum pada saat tanaman mencapai umur 4 MST. Namun demikian eksudat asam organik tersebut turun kembali hingga tanaman berumur 6 MST (Tabel 4). Selanjutnya kombinasi antara varietas dan pemberian K tidak berpengaruh nyata terhadap eksudat asam organik yang dikeluarkan akar jagung (data tidak ditunjukkan).

Salah satu mekanisme tanaman untuk mengatasi stres (misalnya karena keracunan Al, kekurangan hara K, kekeringan, terkena penyakit, dan lain-lain) adalah melalui pengeluaran eksudat dari akar. Eksudat tersebut umumnya merupakan senyawa organik, seperti gula, asam amino, asam organik, dan lain-lain. Asam-asam organik yang merupakan bagian penting dari eksudat akar jagung antara lain adalah: oksalat, fumarat, malat, sitrat, suksinat, benzoat, akonitat, tartarat, dan glutarat (Bolton *et al.* 1993). Akar padi juga dapat mengeluarkan eksudat asam organik seperti: oksalat, sitrat, suksinat, dan format (Syarif, 2005). Seperti halnya penelitian Bolton *et al.* (1993) dan Syarif (2005), penelitian ini juga menunjukkan bahwa asam oksalat merupakan asam organik yang paling dominan dalam eksudat akar tanaman jagung.

Urutan varietas jagung dalam mengeluarkan asam organik terutama asam oksalat dari tinggi ke rendah adalah: CIMMIT 3330 > Antasena > Lamuru > Pioneer-21 > Wisanggeni. Sifat genetik dari CIMMIT 3330 dan Antasena mampu menghasilkan eksudat asam organik tinggi. Hal inilah yang menyebabkan varietas tersebut toleran terhadap keracunan Al karena aktivitas Al yang terdapat di sekitar rizosfer dapat dikurangi dengan adanya eksudat asam organik dengan terbentuknya senyawa kompleks Al-organik sehingga sifat racun dari Al berkurang (Marschner, 1997). Namun demikian meskipun CIMMIT 3330 menghasilkan eksudat asam organik tinggi tapi produksi akar dan brangkas tanaman rendah (Tabel 3). Hal ini disebabkan karena CIMMIT 3330 merupakan varietas lokal yang mempunyai potensi produksi rendah tapi toleran terhadap keracunan Al.

Sementara itu Wisanggeni tahan kekeringan, Lamuru tahan penyakit bulai dan Pioneer-21 mempunyai potensi produksi tinggi tapi ketiga varietas tersebut secara genetik tidak mampu menghasilkan eksudat asam organik yang tinggi sehingga tidak toleran terhadap keracunan Al. Berdasarkan ketoleranan varietas tersebut terhadap lingkungan tumbuh yang buruk (Tabel 1), maka bila semua varietas tersebut dibudidayakan di tanah masam maka CIMMIT 3330 dan Antasena akan berpeluang memberikan produksi paling tinggi. Demikian pula bila semua varietas tersebut berada di tanah dengan ketersediaan air terbatas, atau di tanah subur, atau di daerah endemik penyakit bulai, maka varietas yang berpeluang memiliki produksi tinggi berturut-turut adalah: Wisanggeni, P-21, dan Lamuru.

Potensi Tanaman Jagung dalam Meningkatkan Ketersediaan K Tanah

Jumlah asam oksalat yang dapat dikeluarkan oleh akar jagung tergantung varietas dan fase pertumbuhan tanaman. Varietas CIMMIT 3330 dapat mengeluarkan asam oksalat rata-rata selama 6 MST sekitar 5.93 mg/g BK akar, sedangkan Wisanggeni hanya 3.15 mg/g BK akar. Demikian pula saat umur tanaman 4 MST rata-rata akar jagung dapat mengeluarkan asam oksalat 5.76 mg/g BK akar, sedangkan saat 2 dan 6 MST berturut-turut hanya 3.08 dan 2.56 mg/g BK akar (Tabel 4). Dengan demikian maka sesungguhnya laju pengeluaran eksudat akar juga tergantung varietas dan fase pertumbuhan tanaman.

Laju pengeluaran eksudat akar selama pertumbuhan tidak diamati, namun demikian berdasarkan data yang tertera pada Tabel 4, maka laju pengeluaran dan jumlah eksudat akar beberapa varietas jagung di rizosfer dapat diduga dan hasilnya disajikan pada Tabel 5. Perhitungan tersebut menggunakan asumsi: (1) Hasil pengamatan eksudat (Tabel 4) merupakan akumulasi eksudat dari akar selama 1 hari, (2) Hasil biji jagung kering = 6 t/ha (Kasryno, 2003), (3) Umur tanaman jagung 90 hari (Subandi, 1988), (4) Proporsi biji : brangkasan = 1 : 1 (Sutoro *et al.*, 1988) dan brangkasan : akar = 4 : 1 (Tabel 3), (5) Bobot tanah 1 ha kedalaman 20 cm = 2 X 10⁶ kg (*bulk density* tanah = 1 g/cm³), dan (6) Proporsi masa tanah di rizosfer : *bulk soil* = 1 : 9 (jarak tanam jagung = 70 x 25 cm² dan rizosfer sekitar 1-2 mm di sekeliling akar (Marschner, 1997).

Tabel 5. Prediksi laju pengeluaran dan jumlah eksudat akar beberapa varietas jagung di rizosfer selama satu musim tanam.

Varietas	Laju pengeluaran eksudat (mg/g BK/hari)		Jumlah eksudat di rizosfer (mg/kg)	
	Asam oksalat	Asam organik	Asam oksalat	Asam organik
Antasena	0.54	1.49	2545	7054
CIMMIT 3330	0.85	2.13	4003	10064
Wisanggeni	0.45	1.27	2126	6014
Lamuru	0.53	1.39	2484	6575
Pioneer 21	0.53	1.38	2491	6534

Tabel 5 menunjukkan bahwa laju pengeluaran eksudat asam oksalat berkisar antara 0.45 mg/g BK/hari (Wisanggeni) hingga 0.85 mg/g BK/hari (CIMMIT 3330). Sementara itu eksudat asam organik berkisar antara 1.27 mg/g BK/hari (Wisanggeni) hingga 2.13 mg/g BK/hari (CIMMIT 3330). Nilai tersebut jauh melampaui laju pengeluaran asam oksalat varietas PM 95A umur 30 HST pada kultur air yang hanya 240 nmol/g BK/hari atau setara dengan 21.60 µg/g BK/hari (Nursyamsi *et al.*, 2002).

Jumlah eksudat asam oksalat di rizosfer berkisar antara 2126 mg/kg (Wisanggeni) hingga 4003 mg/kg (CIMMIT 3330), sedangkan asam organik sekitar 6014 – 10064 mg/kg berturut-turut untuk Wisanggeni dan CIMMIT 3330. Nilai tersebut merupakan akumulasi eksudat akar selama satu musim. Meskipun akumulasi eksudat tinggi tapi tanaman tidak keracunan karena eksudat asam oksalat keluar secara bertahap. Fenomena ini justru menguntungkan tanaman karena itu berarti pelepasan K dari bentuk tidak dapat dipertukarkan menjadi bentuk larut sedikit demi sedikit sesuai dengan yang dibutuhkan tanaman.

Hasil percobaan inkubasi di laboratorium dengan menggunakan tanah-tanah yang didominasi mineral liat smektit (Alfisol dan Vertisol) menunjukkan bahwa pemberian asam oksalat 1000-4000 ppm nyata meningkatkan bentuk K tersedia (K larut dan K dapat

dipertukarkan) tanah (Nursyamsi *et al.*, 2008). Selanjutnya hasil percobaan pot di rumah kaca juga menunjukkan bahwa asam oksalat 1000 ppm dapat meningkatkan ketersediaan K tanah, serapan N, P, dan K tanaman, serta hasil brangkasan kering jagung umur 4 MST pada Vertisol. Apabila dosis tersebut dianggap sebagai batas kritis asam oksalat untuk jagung di tanah Vertisol maka semua varietas yang dicoba berpotensi dapat meningkatkan ketersediaan K tanah.

Diantara varietas jagung yang dianalisis (Antasena, CIMMIT 3330, Wisanggeni, Lamuru dan Pioneer 21), ternyata CIMMIT 3330 paling tinggi menghasilkan eksudat asam organik terutama asam oksalat (Tabel 4). Apabila varietas-varietas tersebut ditanam di tanah-tanah yang didominasi mineral liat smektit, maka CIMMIT 3330 paling berpeluang dapat meningkatkan ketersediaan K tanah sehingga efisiensi pupuk K juga meningkat. Selanjutnya apabila pengaruh eksudat asam organik lainnya terhadap ketersediaan K tanah dianggap sama dengan asam oksalat, maka potensi pelepasan K dari bentuk tidak dapat dipertukarkan (tidak tersedia) menjadi dapat dipertukarkan dan larut (tersedia) semakin tinggi.

KESIMPULAN

1. Pemberian K nyata meningkatkan serapan hara N dan K tanaman. Diantara varietas yang dicoba, varietas CIMMIT 3330 mempunyai serapan hara N, P, dan K, serta produksi akar dan brangkasan kering paling rendah, sedangkan Pioneer-7 paling tinggi.
2. Semua varietas jagung yang dicoba mengeluarkan eksudat asam-asam organik, yaitu asam oksalat, sitrat, tartarat, malat, format, dan asetat. Diantara asam organik tersebut ternyata asam oksalat merupakan asam organik paling dominan yang dikeluarkan oleh akar tanaman jagung, yaitu berkisar antara 3.15 mg/g BK akar (Wisanggeni) hingga 5.93 mg/g BK akar (CIMMIT 3330).
3. Umur tanaman berpengaruh nyata terhadap produksi eksudat asam organik dari akar jagung. Produksi eksudat asam organik dari tinggi ke rendah adalah umur 4 MST > 2 MST > 6 MST.
4. Diantara varietas jagung yang dianalisis (Antasena, CIMMIT 3330, Wisanggeni, Lamuru dan Pioneer 21), CIMMIT 3330 paling berpotensi dapat meningkatkan ketersediaan K di tanah-tanah yang didominasi mineral liat smektit sehingga efisiensi pupuk K di tanah tersebut juga meningkat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Yth. Dr. Ir. Komaruddin Idris, Prof. Dr. Ir. Supiandi Sabiham MAg, Prof. Dr. Ir. Djunaedi A. Rachim, MS (Pengajar PS Ilmu Tanah, Sekolah Pascasarjana IPB), serta Dr. Ir. Agus Sofyan, MS (Direktur Perluasan Areal, Ditjen PLA, Deptan) yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan studi program S3 di PS Ilmu Tanah, Sekolah Pascasarjana, IPB, Bogor.

DAFTAR PUSTAKA

- Balai Penelitian Tanaman Serealia. 2004. Varietas Unggul Jagung, Sorgum, dan Gandum Hasil Badan Litbang Pertanian 1995 – 2004. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Maros.
- Bolton, H.Jr., J.K. Fredrickson, L.F. Elliot. 1993. Microbial ecology of the rhizosphere. Page 27-64 in Soil Microbial Ecology. Applications in Agricultural and Environmental Management. Marcel Dekker, Inc. 270 Madison Avenue, New York.
- Borchardt, G. 1989. Smectites. Page 675-727 in Minerals in Soil Environments. Second Edition.

Soil Science Society of America Madison, Wisconsin, USA.

- Douglas, L.A. 1989. Vermiculites. Page 635-674 in Minerals in Soil Environments. Second Edition. Soil Science Society of America Madison, Wisconsin, USA.
- Ghousikar, C.P., D.W. Kendre. 1987. Potassium supplying status of some soils of Vertisol type. Potash Review No. 5/1987. International Potash Institute, Switzerland.
- Kasryno, F. 2003. Perkembangan produksi dan konsumsi jagung dunia dan implikasinya bagi Indonesia. Hal. 15-36 dalam Ekonomi Jagung Indonesia. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta.
- Krafczyk, I., G. Trollidenier, H. Beringer. 1984. Soluble root exudates in maize: Influence of potassium supply and rhizosphere microorganisms. Soil Biology and Biochemistry 16(4):315-322.
- Marschner, H. 1997. Mineral Nutrition of Higher Plants. Second Edition. Academic Press, Harcourt Brace & Company, Publisher. Tokyo.
- Nursyamsi, D., M. Osaki, T. Tadano. 2002. Mechanism of aluminum toxicity avoidance in tropical rice (*Oryza sativa*), maize (*Zea mays*) and soybean (*Glycine max*). Indonesian J. Agric. Sci. 5(1):12-24.
- Nursyamsi, D., K. Idris, S. Sabiham, D.A. Rachim, A. Sofyan. 2008. Pengaruh asam oksalat, Na⁺, NH₄⁺, dan Fe³⁺, terhadap ketersediaan K tanah, serapan N, P, dan K tanaman, serta produksi jagung pada tanah-tanah yang didominasi smektit. Jurnal Tanah dan Iklim 28:69-82.
- Osaki, M., T. Watanabe, T. Tadano. 1997. Beneficial effect of aluminum on growth of plants adapted to low pH soils. Soil Sci. Plant. Nutr. 43(3):551-563.
- Song, S.K., P.M. Huang. 1988. Dynamic of potassium release from potassium-bearing minerals as influenced by oxalic and citric acid. SSSAJ 52:383-390.
- Sparks, D.L. 1987. Potassium release from interlayers. Potash Review No. 2/1987. International Potash Institute, Switzerland.
- Subandi. 1988. Perbaikan varietas jagung. Hal. 81-100 dalam Jagung. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor.

Sutoro, Y. Sulaeman, dan Iskandar. 1988. Budidaya tanaman jagung. Hal. 49-66 *dalam* Jagung. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor.

Syarif, A.A. 2005. Ketenggangan Genotipe Padi terhadap Defisiensi Hara Fosfor. Disertasi Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

Zhu, Yong-Guan, Luo Jia-Xian. 1993. Release of non-exchangeable soil K by organic acids. *Pedosphere* 3:269-276.